

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-259464

(43)公開日 平成10年(1998)9月29日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	F I
C 22 F 1/05		C 22 F 1/05
C 22 C 21/02		C 22 C 21/02
// C 22 F 1/00	6 3 0	C 22 F 1/00
	6 3 1	6 3 0 K
	6 8 1	6 3 1 Z
		6 8 1
		審査請求 未請求 請求項の数 3 FD (全 7 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平9-85778

(71)出願人 000176707

三菱アルミニウム株式会社

東京都港区芝2丁目3番3号

(22)出願日 平成9年(1997)3月19日

(72)発明者 大堀 紘一

静岡県裾野市平松85番地 三菱アルミニウム株式会社技術開発センター内

(72)発明者 崔 ▲祺▼

静岡県裾野市平松85番地 三菱アルミニウム株式会社技術開発センター内

(72)発明者 齊藤 洋

静岡県裾野市平松85番地 三菱アルミニウム株式会社技術開発センター内

(74)代理人 弁理士 横井 幸喜

(54)【発明の名称】 成形加工用アルミニウム合金板の製造方法

(57)【要約】

【課題】 自動車ボディーシート材として好適な、強度、成形性等に優れたAl-Mg-Si系合金板を得る。

【解決手段】 Mg, Si, Mnなどの含有量が規定されるAl-Mg-Si系合金溶湯を、150°C/sec以上の凝固速度で連続鋳造し、冷間圧延により所定の板厚とした後、520°C~560°Cで溶体化処理を行い、30秒以内に急冷する。

【効果】 高強度を有し、深絞りなどを含めたプレス成形性、延性に優れたAl-Mg-Si系合金板が得られる。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%で、Mg:0.30~0.70%、Si:0.80~2.00%、Cu:0~0.50%、Fe:0.30%以下を含有し、残部がAlおよび不可避不純物からなるAl合金を150°C/秒以上の冷却速度で鋳造し、その後冷間圧延を経て、溶体化処理工程において、520°C~560°Cの温度域に加熱し、該温度域に到達後30秒以内に強制空冷以上の冷却速度で冷却することを特徴とする成形加工用アルミニウム合金板の製造方法

【請求項2】 Al合金には、成分としてさらに重量%で、Mn:0.10~0.50%を含有することを特徴とする請求項1記載の成形加工用アルミニウム合金板の製造方法

【請求項3】 溶体化処理後の不溶性金属間化合物の最大寸法が実質的に1.0μm以下であることを特徴とする請求項1または2に記載の成形加工用アルミニウム合金板の製造方法

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、自動車ボディシート材に適した成形性および延性に優れた成形加工用アルミニウム合金板の製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、自動車ボディシート材としては冷延鋼板が広く採用されてきたが、近年環境への汚染を配慮して自動車の排ガス量の低減が一段と厳しく要求され、自動車の軽量化が一層進められいるため、ボディシート材にもより軽量な材料の使用が望まれている。ところで、アルミニウム合金板は、冷延鋼板より軽量で比強度が高い上に、成形性、塗装焼付き硬化性も良好であり、自動車ボディシート材への応用が急速に高まっている。従来、上記アルミニウム合金板に使用される成分としては、Al-Mg系合金やAl-Mg-Si系合金が提案されているが、Al-Mg系合金は焼付塗装後に強度が低下するという問題がある。一方、Al-Mg-Si系合金では、このような問題は少ないものの、鋼板に比べれば、成形性および延性が劣っているという問題がある。このため、Al-Mg-Si系合金において、金属間化合物の最大サイズを規制することにより成形性を向上させたアルミニウム合金も提案されている（特開昭62-207851号）。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上記合金においても成形性、特に曲げ加工性、深絞り性の改善は充分ではなく、より成形性の向上したアルミニウム合金板の開発が望まれている。従来、自動車ボディシート材等に使用される成形加工用アルミニウム合金板は、半連続鋳造法などによって製造した鋳塊に、均質化処理、面削、熱間圧延、冷間圧延、中間焼純、溶体化処理などを

順次に施すことによって、製造されている。ところが、この製造過程では、過飽和固溶元素の低下や比較的粗大な金属間化合物の生成が起こり、製品の成形性、焼付硬化性が十分に向上しない問題がある。これは、鋳造時や溶体化処理時に、粗大な金属間化合物が生成されたり、既に生成されている金属間化合物が粗大化することが原因になっている。

【0004】 本発明は、上記事情を背景としてなされたものであり、不溶性金属間化合物のサイズを一層小さなものとし、よって成形性、特に曲げ加工性を向上させ、更に結晶粒径を小さなものとし、よって、深絞り性を向上させた自動車ボディシート材として好適な成形加工用アルミニウム合金板を得ることができる製造方法を提供することを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するため、本発明の成形加工用アルミニウム合金板の製造方法のうち第1の発明は、重量%で、Mg:0.30~0.70%、Si:0.90~2.00%、Cu:0~0.50%、Fe:0.30%以下を含有し、残部がAlおよび不可避不純物からなるAl合金を150°C/秒以上の冷却速度で鋳造し、その後冷間圧延を経て、溶体化処理工程において、520°C~560°Cの温度域に加熱し、該温度域に到達後30秒以内に強制空冷以上の冷却速度で冷却することを特徴とする。

【0006】 第2の発明は、第1の発明において、Al合金に、成分としてさらに重量%で、Mn:0.10~0.50%を含有することを特徴とする。さらに、第3の発明は、第1または第2の発明において、溶体化処理後の不溶性金属間化合物の最大寸法が実質的に1.0μm以下であることを特徴とする。

【0007】 本発明は、特定成分のアルミニウム合金を急速に凝固させて鋳造し、さらに、溶体化処理に際し、加熱保持時間を短時間にしてさらに急速に冷却することにより不溶性金属間化合物のサイズを大幅に小さなもの（1.0μm以下）にし、また、固溶元素量を増大させる。これら作用により本発明の製造方法により得られたアルミニウム合金板は、優れた成形性（特に曲げ加工性と深絞り性）を有しているとともに強度・焼付き硬化性が向上する。

## 【0008】

【発明の実施形態】 本発明の製造方法に用いられるアルミニウム合金は、Al-Mg-Si系合金からなり、その成分を適切に調整したものが使用される。以下に本発明法に用いるアルミニウム合金の成分限定理由を説明する。

【0009】 Mg:0.30~0.70%  
Mgは、Siと一緒にMg<sub>2</sub>Si相を形成し、合金の強度を高める元素であり、必要な強度を確保するために0.30%以上含有させなければならない。一方、Mg

含有量が多すぎると、粒界上に  $Mg_2Si$  相を形成することによって、短時間の溶体化処理では十分固溶できず、強度が逆に低下するばかりでなく成形性をも劣化させるので、0.70%以下に抑える。なお、同様の理由で、下限を0.40%、上限を0.60%とするのが望ましい。本発明では、Mgの含有量を一般のAl-Mg-Si系合金に比べ少なめにして溶体化処理性及び成形性の向上を図っている。

【0010】Si: 0.80~2.00%

Siは、Mgと同様に  $Mg_2Si$  相を形成して高強度化に寄与する元素である。また、延性の増加にも寄与するので、高強度・高延性の板を製造するために、0.80%以上含有させなければならない。しかし、含有量が多すぎると、粒界上に Si 相を形成し成形性を悪化させるので、2.00%以下に抑える。なお、同様の理由で下限を0.90%とするのが望ましく、さらにより良好な延性を得るためにには、Siの下限を1.10%、上限を1.70%に限定するのが一層望ましい。本発明では、Mgに対するSiの含有量を一般のAl-Mg-Si系合金に比べ、多めにして機械的性質の向上を図っている。

【0011】Mn: 0.10~0.50%

Mnは、Al合金板を製造する場合に、結晶粒を微細化する効果を有する元素であり、また、凝固時の冷却速度が速いため、固溶強化にも寄与する。したがって、Mnを添加すれば、成形性・強度を高めることができる。所望により含有させる。これら的作用を有効に発揮するために、0.10%以上含有させなければならない。一方、0.50%を越えると、Alとの不溶性化合物が形成されることによって、延性・成形性などが悪化するので、含有量を上限値以下に抑える。なお、同様の理由で、下限を0.20%、上限を0.40%に限定するのが望ましい。

【0012】Cu: 0~0.50%

Cuは必ずしも添加しなければならない元素ではないが、Al-Cu(-Mg)系の析出物の形成により、強度または焼付き硬化性を高める作用を有しているので、強度・焼付き硬化に対する要求が高い場合には、積極的に含有させる。しかし、含有量が多すぎると、成形性または耐食性を劣化させるので、0.50%以下に抑える。なお、同様の理由で、上限を0.3%とするのがさらに望ましい。

【0013】Fe: 0.30%以下

Feは、強度を高める元素としてある程度の効果を有している。しかし、上限値を越えて含有すると、铸造時にAl-Fe-Si(-Mg)系晶出物を形成することによって、成形性が劣るばかりでなく、固溶 Si と固溶 Mg の量が減り、強度も下がる。したがって、その含有量を0.30%以下に抑える。なお、同様の理由で上限を0.2%とするのが一層望ましい。

【0014】また、一般のAl合金では、铸塊の結晶粒微細化のため少量のTiを単独あるいはBと組み合わせて添加することも多く、本発明でも、製造時にこれらの元素を添加することは許容される。これらの元素は、合金中に不純物として残存するが、その含有量が多すぎると、粗大なTi系化合物粒子が形成されるので、Ti、B含有量は、それぞれ0.10%以下に抑えることが望ましい。

【0015】(铸造) 上記アルミニウム合金は、溶製時に、通常の半連続铸造法により得られる冷却速度2.0°C/秒よりも遙かに速い15.0°C/秒以上の冷却速度で凝固させる。これにより、不溶性金属間化合物のサイズを小さくすることができ、また固溶元素量を増やすことができる。上記冷却速度を得るためにには、通常、連続铸造法を採用する。連続铸造法の種別としては、双ロール式連続铸造法、水冷式連続铸造法、ベルト式連続铸造法などの各種の方法があるが、本発明としては特定の方法に限定されるものではない。ただし、上記金属間化合物のサイズを確実に小さくするために、連続铸造時に熱間圧延が同時に行われるのが望ましく、これにより後の熱間圧延を省略することができる。熱間圧延は、膨大な設備を必須とするので、それを省略することによって、コストダウンがはかる。但し冷間圧延による板厚の減少には限度があるので、製品板厚に合わせて冷間圧延前、すなわち铸造後板厚を設定するのが必要となる。製品板厚1mmの場合で铸造後の板厚を6mm以下にすることが望ましい。

【0016】(均質化処理) 上記アルミニウム合金は、必要に応じて、その後、均質化処理が行われる。上記したように、連続铸造時に必要な熱間圧延が行われ、その後の熱間圧延が省略される。また、均質化処理も本発明として必須ではないが、製品の結晶粒を微細化するために、Mn系金属間化合物粒子を溶体化処理する前に析出させたい場合、それを行ってもよい。なお、均質化処理の温度が低すぎると、他の金属間化合物が形成され、成形性が悪化する。また、その温度が高すぎると、一部の金属間化合物が溶ける恐れがある。したがって、均質化処理を行う場合、その温度範囲を450°C~560°Cにし、さらにその加熱時間を4~12時間にして行うのが望ましい。

【0017】(冷間圧延) 上記工程により铸造され、必要に応じて、熱間圧延、均質化処理が施されたアルミニウム合金は、所定の厚さに冷間圧延されるが、該冷間圧延は常法により行うことができる。この冷間圧延でのパス数や圧下率等は適宜定められ、必要な厚さのアルミニウム合金板に冷間で圧延される。

【0018】(溶体化処理) 上記工程を経たアルミニウム合金板には、常法と異なる特殊な溶体化処理を施す。溶体化処理における加熱温度は、520°C~560°Cとする。これは520°C未満では十分な固溶がなされず、

一方、560°Cを越えると、金属間化合物が粗大化するためである。なお、加熱時には、この温度域に達するまで急速に昇温させるのが望ましく、その昇温速度は、10°C/秒以上とするのが望ましい。これは、この範囲で急速加熱することにより結晶粒微細化の効果があり、一方、10°C/秒未満では、結晶粒が粗大となり、成形性が低下するためである。さらに、上記温度に到達した後は、30秒以内に急冷する。これを30秒を越えて上記温度域に保持すると、結晶粒が粗大して不溶性金属間化合物のサイズも1.0μmを越えることになり成形性が低下する。したがって、溶体化処理温度での保持を厳密に制限することにより、鋳造時の急冷処理の効果が顕著に得られることになる。

【0019】なお、溶体化処理温度からの急冷では、強制空冷以上の冷却速度で冷却する。これを徐冷すると、結晶粒が粗大化し、かつ粒界にMg<sub>2</sub>Siが析出して成形性、強度が低下する。上記冷却速度を数値で示すと、例えば、20°C/秒の冷却速度で示すことができる。なお、過度に急冷すると、板の形状が悪化するので、100°C/秒以下の冷却速度とするのが望ましい。

【0020】本発明の製造過程を経たアルミニウム合金板は、溶体化処理後において不溶性金属間化合物の最大寸法が実質的に1.0μm以下となっている。不溶性金属間化合物としては、Al-Mg-Si系、Mg<sub>2</sub>Si等が上げられるが、これらは成形性、特に曲げ加工性を低下させるため、できるだけサイズが小さいのが望ましい。しかし、従来の製造方法では、上記寸法は、鋳造時の急冷凝固の方法を講じても3.0μm程度に小さくでない。本発明では、鋳造時の急冷凝固に加え、合金の成分調整、溶体化処理条件の制限を加えることにより上記サイズを大幅に小さくする（最大寸法：1.0μm以下）ことを可能にしている。なお、上記最大寸法は、金属間化合物の通常のばらつきの中で最大の

ものをいう。したがって、突発的、例外的に形成された金属間化合物は除外される。

【0021】上記工程を経たアルミニウム金属材には、所望のプレス成形や焼付け塗装が施され、代表的には自動車ボディーシートとして使用される。但し、本発明としては、その用途が自動車ボディシートに限定されるものではなく、厳しい成形性が要求されるような他の用途への適用も可能である。

#### 【0022】

【実施例】以下、実施例によって本発明を詳細に説明する。表1に示す組成のAl-Mg-Si系合金からなる発明合金および比較合金（組成が発明範囲外）を溶解した後、双ロール式連続鋳造法により、凝固時の冷却速度が約180°C/secになるようにして厚さ6mmの板に鋳造した。この合金に均質化処理、熱間圧延を施さず、冷間圧延により厚さ1mmの板とした。その後、急速加熱（昇温速度約20°C/秒）により545°Cに迄加熱し、この温度で30秒保持する溶体化処理を施し、焼入剤を含む水に焼入れ（冷却速度50°C/秒相当）を行った後、室温時効1ヶ月の促進処理として40°Cで1週間の時効処理を行った。また、比較のため、発明合金または比較合金に、溶解、鋳造、均質化処理、熱間圧延、冷間圧延、溶体化処理、水焼入れ、時効という従来法または比較法を適用した。従来法では、冷却速度約5°C/secで鋳造し、その後、545°C×4時間の均質化処理を施して、厚さ6mmに熱間圧延し、さらに厚さ1mmに冷間圧延した。次いで、溶体化処理として、上記と同様に545°Cにまで急速加熱し、この温度に2分保持した後、水焼入れし、40°Cで1週間の時効処理を行った。また、比較法では、溶体化処理の保持時間のみを発明法とは代えて1分間とし、その他の工程、条件は発明法と同様とした。

#### 【0023】

##### 【表1】

No.	アルミニウム合金組成(重量%)						偏考
	Si	Mg	Mn	Cu	Fe	Ti	
本発明材	1 1.13	0.66	—	—	0.07	0.01	発明合金法
	2 1.06	0.65	0.21	0.20	0.05	0.01	
	3 1.00	0.57	0.43	—	0.05	0.01	
	4 1.16	0.30	—	0.38	0.06	0.01	
	5 1.28	0.31	0.25	—	0.07	0.01	
	6 1.19	0.45	—	—	0.06	0.01	
	7 1.16	0.44	0.23	0.15	0.07	0.01	
	8 1.39	0.60	—	—	0.03	0.01	
	9 1.36	0.55	0.20	—	0.03	0.01	
	10 1.58	0.68	—	0.23	0.07	0.01	
	11 1.74	0.55	—	—	0.03	0.01	
	12 1.75	0.57	0.18	—	0.03	0.01	
	13 0.89	0.65	—	0.20	0.05	0.01	
比較材	14 0.61	0.69	—	—	0.07	0.01	比較合金法
	15 1.02	0.69	0.65	0.21	0.07	0.01	
	16 1.12	0.68	0.93	—	0.08	0.01	
	17 2.12	0.57	—	0.19	0.03	0.01	
	18 2.14	0.58	0.21	—	0.03	0.01	
	19 1.25	0.65	0.23	—	0.07	0.01	
	20 0.85	0.55	—	—	0.09	0.01	
	21 0.66	0.69	—	—	0.07	0.01	比較又は発明合金法
	22 0.72	0.65	—	0.18	0.05	0.01	
	23 0.97	0.69	—	—	0.07	0.01	
	24 1.18	0.68	—	—	0.11	0.01	
	25 1.12	0.67	0.21	0.21	0.05	0.01	
	26 1.12	0.64	0.43	—	0.06	0.01	
	27 1.62	0.69	—	0.22	0.07	0.01	

【0024】上記工程を経て得られたアルミニウム合金板よりJIS5号試験片を採取し、その不溶性金属間化物の最大サイズ(粒径)を顕微鏡観察により測定し、次に引張試験を行い、機械的性質を調べた。また、プレス成形性を調べるために深絞り成形試験と曲げ試験を行った。深絞り試験は84mm径の円板を40mm径×R8のポンチ、42.5mm径×R8のダイスで深絞りし、いずれも破断時の成形高さで評価した。曲げ試験は、引張試験機により5%の予備歪みを与えた板より、50×25mm試料を切り出し、曲げ半径1.75mmのU字3点曲げ、曲げ半径0.5tの180°曲げの順に、2回の曲げ試験を行った後、目視で試料表面の割れ程度により評価した。これらの結果を表2に示した。

## 【0025】

## 【表2】

No.	金属間化合物 最大粒径(μm)	引張強さ (MPa)	耐力 (MPa)	伸び (%)	深絞り高さ (mm)	曲げ加工性
発明材	1.0以下	247	129	34.7	15.1	○
	〃	275	166	31.6	14.8	○
	〃	280	166	32.2	13.9	○
	〃	232	118	34.9	12.7	○
	〃	236	122	35.1	14.0	○
	〃	236	119	33.0	13.7	○
	〃	260	146	34.3	14.7	○
	〃	264	142	34.7	15.0	○
	〃	276	157	34.8	14.8	○
	〃	262	141	37.4	14.9	○
	〃	267	143	32.1	13.8	△
	〃	277	154	33.2	13.7	△
	〃	238	121	32.0	14.2	○
比較材	1.0以下	226	114	29.2	13.8	○
	3	290	173	30.9	12.9	△
	17	27.6	158	26.7	13.0	×
	18	271	150	31.7	12.8	×
	20	288	165	33.3	12.9	×
	3	261	143	31.5	13.8	△
	2	245	129	30.7	13.1	△
	12	220	107	26.6	13.3	△
	12	227	118	27.6	13.5	△
	13	241	123	32.0	13.7	△
	14	246	129	30.8	14.2	△
	14	254	134	32.5	14.0	△
	16	268	142	29.7	13.8	×
	20	248	131	32.2	13.9	×

【0026】表2から明らかなように、合金組成がほぼ同じ場合、本発明材 (No. 1~13) は、従来法を経た比較材 (No. 21~27) より、強度、伸びおよび曲げ加工性に優れており、深絞り加工性についても従来法を経た比較材と同等、もしくはそれ以上に優れている。また、比較法により得られた比較材 (No. 19, 20) は、いずれも成形性に劣っている。さらに、比較合金を用いた場合 (No. 14~18) では、強度および伸びが高いNo. 15、No. 17、No. 18では曲げ加工性が劣っており、曲げ加工性が良好なNo. 14では伸びが低く、No. 16合金では、伸びと曲げ加工性のいずれも悪化している。上記の結果より、発明材においてのみ、機械的特性、成形性ともに優れた特性が得られている。但し、本発明の組成範囲内でも、Si量が1.10~1.70%の範囲外にあると、曲げ加工性がやや劣る傾向にあり、したがって、強度と成形性を両立させる観点からSi量を1.10~1.70%の範囲内にするのが望ましいことが分かる。なお、本発明は上

記実施例によって制約を受けるものではなく、適合しうる範囲で適切に変更実施することが勿論可能であり、それらも本発明の技術的範囲に含まれる。

#### 【0027】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の製造方法によれば、重量%で、Mg:0.30~0.70%、Si:0.80~2.00%、Cu:0~0.50%、Fe:0.30%以下し、所望によりMn:0.10~0.50%を含有し、残部がAlおよび不可避不純物からなるAl合金を150°C/秒以上の冷却速度で鋳造し、その後冷間圧延を経て、溶体化処理工程において、520°C~560°Cの温度域に加熱し、該温度域に到達後30秒以内に強制空冷以上の冷却速度で冷却するので、従来の製造法より強度、伸び、成形性が優れるアルミニウム合金板を製造することができる。従って、自動車ボディシート材を始めとする、強度、成形性で過酷な条件が課せられる用途に好適な軽量の成形用板が得られる効果がある。

## フロントページの続き

(51) Int.C1. <sup>b</sup> C 2 2 F 1/00	識別記号 6 9 1 6 9 2	F I C 2 2 F 1/00	6 9 1 B 6 9 1 C 6 9 2 A
---	------------------------	---------------------	-------------------------------